

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-260345  
 (43)Date of publication of application : 13.09.2002

(51)Int.Cl. G11B 20/14  
 G11B 7/005  
 G11B 20/10

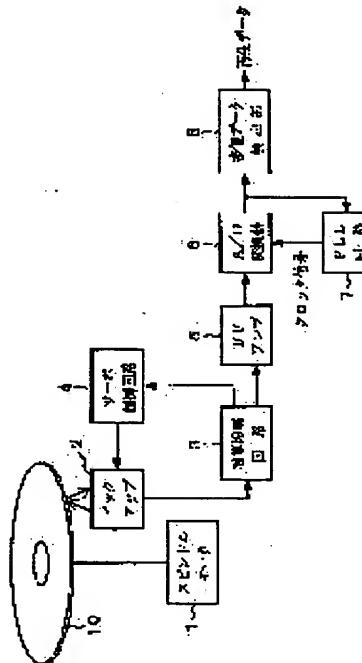
(21)Application number : 2001-056699 (71)Applicant : RICOH CO LTD  
 (22)Date of filing : 01.03.2001 (72)Inventor : SAKAGAMI HIROFUMI  
 TAKATSU KAZUNORI

## (54) METHOD FOR DETECTING MULTI-VALUED DATA

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the detection error of multi-valued data even if the distribution of the multi-valued data on a recording medium overlaps.

**SOLUTION:** A multi-valued data detecting part 8 stores a table storing the assortment of a plurality of digital data corresponding to the assortment of a plurality of multi-valued levels. An A/D converter 6 converts the reproduction signals of the multi-valued data recorded on an optical disk 10 from analog signals into digital signals on the basis of the reference clock of a PLL circuit 7. The multi-valued data detecting part 8 obtains the assortment of the multi-valued level on the table in which the sum of the absolute value of each difference or the sum of the square of each difference between a plurality of continuous digital data obtained by the conversion and the digital data of each assortment on the table becomes the smallest. The multi-valued level of the obtained assortment is outputted as a detection result of the multi-valued data.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

[decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-260345

(P2002-260345A)

(43)公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコト*(参考)
G 11 B 20/14 7/005 20/10	3 4 1 3 2 1	G 11 B 20/14 7/005 20/10	3 4 1 B 5 D 0 4 4 B 5 D 0 9 0 3 2 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L (全16頁)

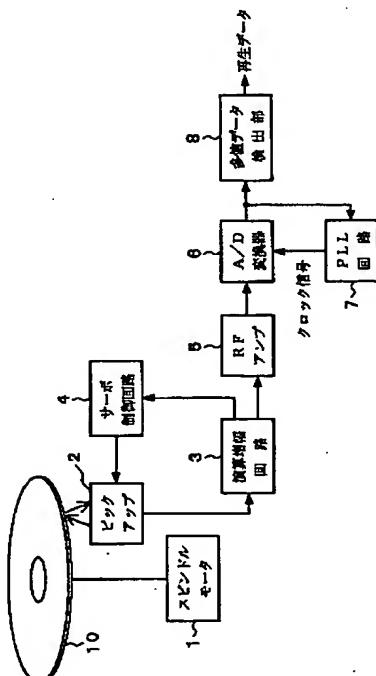
(21)出願番号	特願2001-56699(P2001-56699)	(71)出願人	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22)出願日	平成13年3月1日(2001.3.1)	(72)発明者	阪上 弘文 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
		(72)発明者	高津 和典 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
		(74)代理人	100080931 弁理士 大澤 敬 Fターム(参考) 5D044 BC02 CC04 FG06 GL22 GL34 5D090 AA01 CC04 FF12

(54)【発明の名称】 多値データ検出方法

(57)【要約】

【課題】 記録媒体上の多値データの分布が重なっていても多値データの検出エラーを少なくする。

【解決手段】 多値データ検出部8は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを格納し、光ディスク10に記録された多値データの再生信号をPLL回路7の基準クロックに基づいてA/D変換器6がアナログ信号からデジタル信号へ変換し、多値データ検出部8がその変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その求めた組合せの多値レベルを多値データの検出結果として出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、

記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータと前記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる前記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、該求められた組合せの多値レベルを多値データの検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

【請求項2】 複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、

記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータと前記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる前記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、該求められた組合せの多値レベルの内の所定個数未満の多値レベルを多値データの検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

【請求項3】 複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、

記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから多値データを検出する対象の1個のデジタルデータを含む複数個の連続するデジタルデータの組を複数通り抽出し、その各組毎にデジタルデータと前記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる前記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その複数の組合せの多値レベルの中から前記和が最小のものに対応する組合せの多値レベルを多値データの検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

【請求項4】 複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータを所定数の前部と残りの数の後部とに分け、前記多値レベルの各組合せに対応させた前記後部のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、既検出結果の多値データから抽出した多値レベルを前記前部の多値レベルとして設定し、

記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから前記残りの数に相当する数のデジタルデータを入力し、その

入力されたデジタルデータと前記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる前記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、該組合せの多値レベルの内の前記残りの数に相当する数以下の多値レベルを前記後部の多値レベルとして設定し、前記設定された前部と後部の多値レベルからなる多値データを検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

【請求項5】 複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、

記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の前記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、前記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する前記テーブル上の前記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる前記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、該組合せの多値レベルを前記検出対象のデジタルデータに対応する多値データの検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

【請求項6】 複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと、任意に入力された複数個の連続するデジタルデータと前記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、

記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータを前記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、該変換された組合せの多値レベルの内の所定個数未満の多値レベルを多値データの検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

【請求項7】 複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと、任意に入力された複数個の連続するデジタルデータと前記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、

記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから多値

データを検出する対象の1個のデジタルデータを含む複数個の連続するデジタルデータの組を複数通り抽出して入力し、その入力された各組毎にデジタルデータを前記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、該変換された複数の組合せの多値レベルの中から前記和が最小のものに対応する組合せの多値レベルを多値データの検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

【請求項8】 複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータを所定数の前部と残りの数の後部とに分け、前記多値レベルの各組合せに対応させた前記後部のデジタルデータの組合せと、任意に入力されたデジタルデータと前記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる前記テーブル上の多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、

既検出結果の多値データから抽出した多値レベルを前記前部の多値レベルとして設定し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから前記残りの数に相当する数のデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータを前記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、該変換された組合せの多値レベルの内の前記残りの数に相当する数以下の多値レベルを前記後部の多値レベルとして設定し、前記設定された前部と後部の多値レベルからなる多値データを検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

【請求項9】 複数個の多値レベルの組合せと、任意に入力された検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の前記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、前記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する前記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、

記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の前記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、前記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せを入力し、その入力された多値レベルの組合せを

前記テーブルに基づいて前記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータに変換し、前記入力されたデジタルデータと前記変換されたデータとを前記テーブルに基づいてそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、該変換された組合せの多値レベルを前記検出対象のデジタルデータに対応する多値データの検出結果とすることを特徴とする多値データ検出方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、光ディスク等の記録媒体に多値記録されている多値データを再生する際に有用な多値記録データ検出方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 従来、再生信号のA/D変換によって得られたデータをスレショルド値と比較して多値データを検出する際、A/D変換器の出力をメモリに記憶し、所定の信号単位毎にデータの分布情報に基づいて多値化の際に用いられるスレショルド値を設定するようにした多値記録データ検出方法（例えば、特開平5-54391号公報参照）があった。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の多値記録データ検出方法では、記録媒体の記録密度を向上させて多値レベルを多くする（例えば、8値、16値等）と、多値データの分布が重なるので、分布の境界でスレショルド値を設定したのではデータエラーが増加するという問題があった。この発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、記録媒体上の多値データの分布が重なっていても多値データの検出エラーを少なくすることを目的とする。

##### 【0004】

【課題を解決するための手段】 この発明は上記の目的を達成するため、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その求められた組合せの多値レベルを多値データの検出結果とする多値データ検出方法を提供する。

【0005】 また、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続す

るデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その求められた組合せの多値レベルの内の所定個数未満の多値レベルを多値データの検出結果とする多値データ検出方法にするとよい。

【0006】さらに、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから多値データを検出する対象の1個のデジタルデータを含む複数個の連続するデジタルデータの組を複数通り抽出し、その各組毎にデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その複数の組合せの多値レベルの中から上記和が最小のものに対応する組合せの多値レベルを多値データの検出結果とする多値データ検出方法にするとよい。

【0007】また、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータを所定数の前部と残りの数の後部とに分け、上記多値レベルの各組合せに対応させた上記後部のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、既検出結果の多値データから抽出した多値レベルを上記前部の多値レベルとして設定し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから上記残りの数に相当する数のデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その組合せの多値レベルの内の上記残りの数に相当する数以下の多値レベルを上記後部の多値レベルとして設定し、上記設定された前部と後部の多値レベルからなる多値データを検出結果とする多値データ検出方法にするとよい。

【0008】さらに、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する上記テーブル上の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和

又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その組合せの多値レベルを上記検出対象のデジタルデータに対応する多値データの検出結果とする多値データ検出方法にするとよい。

【0009】また、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと、任意に入力された複数個の連続するデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルの内の所定個数未満の多値レベルを多値データの検出結果とする多値データ検出方法にするとよい。

【0010】さらに、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと、任意に入力された複数個の連続するデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから多値データを検出する対象の1個のデジタルデータを含む複数個の連続するデジタルデータの組を複数通り抽出して入力し、その入力された各組毎にデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された複数の組合せの多値レベルの中から上記和が最小のものに対応する組合せの多値レベルを多値データの検出結果とする多値データ検出方法にするとよい。

【0011】また、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータを所定数の前部と残りの数の後部とに分け、上記多値レベルの各組合せに対応させた上記後部のデジタルデータの組合せと、任意に入力されたデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、既検出結果の多値データから抽出した多値レベルを上記前部の多値レベルとして設定し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータ

から上記残りの数に相当する数のデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルの内の上記残りの数に相当する数以下の多値レベルを上記後部の多値レベルとして設定し、上記設定された前部と後部の多値レベルからなる多値データを検出結果とする多値データ検出方法にするとよい。

【0012】さらに、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと、任意に入力された検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せを入力し、その入力された多値レベルの組合せを上記テーブルに基づいて上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータに変換し、上記入力されたデジタルデータと上記変換されたデータとを上記テーブルに基づいてそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルを上記検出対象のデジタルデータに対応する多値データの検出結果とする多値データ検出方法にするとよい。

### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態を図面に基づいて具体的に説明する。図1は、この発明の第1～第8実施形態の光ディスク再生装置の概略構成を示すブロック図である。この光ディスク再生装置は、CPU, ROM及びRAM等からなるマイクロコンピュータによって実現され、光ディスクを回転させて再生信号をするものであり、例えば光ディスクや光磁気ディスク（以下「光ディスク」と総称する）においては、渦巻状又は同心円状のトラック上に2値又は3値以上のデジタルデータが、エンボス加工等による凹凸のピットや磁化方向の違いによって表現されて記録されており、このような光ディスクに記録された記録データを再生する際に

は、光ディスク上に形成されたトラック上にレーザビームを照射して、その反射光の強度差や磁気効果による偏光方向の差等を検出し、再生RF信号を得る。そして得られた再生RF信号に基づいて2値又は3値以上のデータを検出している。

【0014】図1に示すように、10は所定のトラックフォーマットにおいてデータが記録されている光ディスクであり、この光ディスク10はスピンドルモータ1によって一定線速度（CLV）或いは一定角速度（CAV）で回転駆動されるようになされている。そして、記録又は再生時にレーザ光を照射する光ピックアップ2が光ディスク10の下側に配置されている。

【0015】光ピックアップ2はよく知られているように、図示を省略したレーザ発光源、コリメータレンズ、ビームスプリッタ、対物レンズをコントロールする2軸デバイス等からなる光学系で構成されており、光ディスク10からの反射光を検出する偏光ビームスプリッタ、ディテクタ（これらの図示も省略する）を備えている。そして、反射光を検出したディテクタからの検出情報が電気信号として演算增幅回路3に供給される。演算增幅回路3は、検出情報の演算によってトラッキングサーボ信号、フォーカスサーボ信号、再生データ信号を生成する。そのトラッキングサーボ信号及びフォーカスサーボ信号はサーボ制御回路4に供給され、サーボ制御回路4はこれらの信号に基づいて光ピックアップ2のトラッキングサーボ及びフォーカスサーボ動作を実行する。

【0016】また、再生データ信号はRFアンプ5で増幅され、A/D変換器6に入力される。7はA/D変換器6に対するサンプリングクロックCKを発生するフェーズロッклープ（PLL）回路であり、8は所定のスレッシュホールド値が供給されているこの発明に係わる機能を果たす多値データ検出部である。

【0017】いま、例えば光ディスク10に“0”“1”“-1”からなる3値データが記録されていた場合、RFアンプ5で増幅された再生RF信号はA/D変換器6に入力される。そしてA/D変換器6において再生RF信号はPLL回路7から供給されているサンプリングクロックCKに基づいてサンプリングされてデジタルコードに変換される。ここで、仮にA/D変換器6の出力が8ビットデータであり、即ちA/D変換器6のダイナミックレンジが256分割されているとすると、再生RF信号の信号レベルデータがデジタルコード化されて出力される。

【0018】このようなA/D変換器6の出力が入力される多値データ検出部8には所定のスレッシュホールド値LS1, LS2が供給されており、256段階にデジタルコード化された信号レベルデータは、スレッシュホールド値LS1, LS2と比較されることによって、“0”

“1”“-1”的3値に判別される。このように3値記録されたデータが検出された後は、データ内に含まれて

いるECC (Error Correction Code)に基づきエラー訂正処理が実行されるなど、検出されたデータに所定の復調処理が施される。

【0019】次に、図1に示した多値データ検出部8におけるこの発明に係わる機能及び処理について説明する。図2は、図1に示した光ディスク10に多値データが記録されている様子の概略を示す説明図である。光ディスク10のトラック上に、ピット（又はマーク）の長さを変化させて多値データを記録する。そのピットの部分は低反射率であるため、ピットが大きくなるにつれて再生信号値は下がる。同図の(a)に示すように、ここでは、例としてトラックT上に、4値（レベル0～3）記録を示している。すなわち、多値レベル1のデータを表すピットP1と、多値レベル2のデータを表すピットP2と、多値レベル3のデータを表すピットP3と、多値レベル0のデータを表すピット無しとを示しており、同図の(b)に示すように、ピットの部分は低反射率であるからピット無しの状態が最も再生信号値が高く、各ピットP1～P3の順に、つまりピットが大きくなるにつれて再生信号値は下がる。ここで、記録密度を高めるためにレーザ光のスポットSの径（スポット径）よりも小さなピットを記録するので、再生信号値は前後のデータのピットの影響を受ける。

【0020】図3は、図1に示した光ディスク10に記録されたスポット径よりも小さなピットの再生信号値が前後のデータのピットの影響を受ける様子の説明図である。図3では、レベル3の再生信号が前後の値(0と3)によって変動する様子を示している。同図の(a)に示すように、トラックT上の中央のデータを再生している時のレーザスポットS1に再生対象のピットP1を中心にして前後のピットP2とP3が入る場合は、再生信号値は最低値（図中下部の時間に対応する再生信号値の線図を参照）になり、同図の(b)と(c)にそれぞれ示すように、レーザスポットS2に再生対象のピットP4を中心にして前にのみにピットP5がある場合とレーザスポットS3に再生対象のピットP6を中心にして後にのみにピットP7がある場合、すなわち、レーザスポットに再生対象のピットを中央にして前後のどちらか一方のみにピットPがあると再生信号値は上昇（図中下部の時間に対応する再生信号値の線図を参照）し、同図の(d)に示すように、レーザスポットS4に再生対象のピットP8を中心にして前後にピットがない場合は更に上昇（図中下部の時間に対応する再生信号値の線図を参照）する。

【0021】再生信号値は同じレベル3であっても大きく変動し、この結果データの分布が広がり、隣接する多値レベル間で分布が重なる。そのため、単純に一つの再生信号値をスレショルド値で検出するのではエラーが増加する。ここでは、データの記録にピットを使用しているが、追記又は書換え可能な光ディスクにおけるマーク

の記録でも同様である。

【0022】この多値データ検出部8では、この変動の傾向を利用して連続する複数のデータから多値データを検出する。以下の説明を簡単にするために、ここでは連続する3個のデータによる多値（レベル0～3の4値）データを検出する場合の多値データ検出機能及び処理について説明する。まず、図4に示すデータ内容のテーブルを作成して多値データ検出部8内に格納する。このテーブルは、連続する3個の多値レベルの組合せと再生信号の3個のA/D変換値との対応表である。図中の“aijk”は多値レベルijkに対する第1データのA/D変換値であり、“bijjk”は多値レベルijkに対する第2データのA/D変換値であり、“cijk”は多値レベルijkに対する第3データのA/D変換値である。

#### 【0023】(1) 第1実施形態

次に、第1実施形態を説明する。第1実施形態の多値データ検出部8は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有する。また、上記A/D変換器6、PLL回路7及び多値データ検出部8が、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その求められた組合せの多値レベルを多値データの検出結果とする手段の機能を果たす。

【0024】したがって、この第1実施形態の光ディスク再生装置は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その求められた組合せの多値レベルを多値データの検出結果として出力する。

【0025】すなわち、多値データが記録された記録媒体からの再生信号を基準クロックに基づいてA/D変換し、A/D変換して得られたn(2以上の整数)個の連続するデータをテーブル上の所定値と比較して多値データを検出する際、上記テーブル上の所定値は連続するn個の多値レベルの全組合せ（多値レベルのn乗通り）に対応するn個のデータの値であり、多値データを検出する時は、再生信号をA/D変換して得られたn個の連続するデータと上記テーブル上の各組合せのn個の値とのそれぞれの差(n個)の絶対値又は二乗の和が最も小さ

くなる多値レベルの組合せ（1通り：n個）を多値データの検出結果とする多値記録データ検出処理を行う。

【0026】また、上記A/D変換器6、PLL回路7及び多値データ検出部8は、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その求められた組合せの多値レベルの内の所定個数未満の多値レベルを多値データの検出結果とする手段の機能を果たす。

【0027】したがって、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その求められた組合せの多値レベルの内の所定個数未満の多値レベルを多値データの検出結果として出力する。

【0028】すなわち、上述のような多値記録データ検出処理において、多値データの検出結果の多値レベルの組合せ（1通り：n個）の内のn個未満の多値レベルを多値データの検出結果とする処理を行う。

【0029】次に、第1実施形態の光ディスク再生装置における上記テーブルを用いた多値データ検出処理についてさらに説明する。この多値データ検出処理では、A/D変換器6から連続する3個のデータ（x1、x2、x3）を入力し、x2のデータ検出を行う場合を述べる。まず、得られた3個の入力データとテーブル上の第1データ、第2データ、第3データに最も近い多値レベルの組合せを探す。例えば、入力データとテーブル値との距離Dとして、次の数1に基づく演算処理によってDを最小にする“ijk”の組合せを探し、“j”を“x2”的検出結果として出力する。または、次の数2に基づく演算処理によってDを最小にする“ijk”的組合せを探し、“j”を“x2”的検出結果として出力する。ようにしてもよい。

#### 【0030】

$$\text{【数1】 } D = |x_1 - a_{ijk}| + |x_2 - b_{ijk}| + |x_3 - c_{ijk}|$$

#### 【0031】

$$\text{【数2】 } D = (x_1 - a_{ijk})^2 + (x_2 - b_{ijk})^2 + (x_3 - c_{ijk})^2$$

【0032】こうして、次々に入力されるデータの連続する3個をテーブル値と比較しながらデータ検出を行う。ここでは、3個の入力データ（x1、x2、x3）の内のx2のデータ検出を行ったが、3個の入力データ（x1、x2、x3）のデータ検出結果として、（i、

j、k）を採用しても良い。また、（x1、x2）或いは（x2、x3）の2個の検出結果として、（i、j）或いは（j、k）を採用しても良い。なお、以下の説明を簡単にするため、以下の各実施形態の多値データ検出処理では距離Dの計算には絶対値を使用する場合についてのみ説明するが、距離Dの計算に二乗値を用いても同じように実施することができる。

【0033】このようにして、この第1実施形態の光ディスク再生装置では、連続する複数個のデータとテーブル比較を行って多値データ検出を行っているので、多値レベルの分布が重なっていてもデータエラーを少なくすることができる。また、その多値データ検出結果の一部のみを採用すれば、隣接データとの連続性を考慮した多値データ検出になるため、検出結果の信頼性を向上させることができる。

#### 【0034】（2）第2実施形態

次に、第2実施形態を説明する。第2実施形態の多値データ検出部8は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有する。また、上記A/D変換器6、PLL回路7及び多値データ検出部8が、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから多値データを検出する対象の1個のデジタルデータを含む複数個の連続するデジタルデータの組を複数通り抽出し、その各組毎にデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その複数の組合せの多値レベルの中から上記和が最小のものに対応する組合せの多値レベルを多値データの検出結果とする手段の機能を果たす。

【0035】したがって、この第2実施形態の光ディスク再生装置は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから多値データを検出する対象の1個のデジタルデータを含む複数個の連続するデジタルデータの組を複数通り抽出し、その各組毎にデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その複数の組合せの多値レベルの中から上記和が最小のものに対応する組合せの多値レベルを多値データの検出結果として出力する。

【0036】すなわち、多値データが記録された記録媒体からの再生信号を基準クロックに基づいてA/D変換し、A/D変換して得られたn（2以上の整数）個の連

続するデータをテーブル上の所定値と比較して多値データを検出する際、上記テーブル上の所定値は連続するn個の多値レベルの全組合せ（多値のn乗通り）に対応するn個のデータの値であり、多値データを検出する時は、再生信号をA/D変換して得られた検出対象の1個のデータを含むn通り以下のn個の連続するデータと上記テーブル上の各組合せのn個の値とのそれぞれの差

（n個）の絶対値又は二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せ（1通り：n個）において検出対象のデータに対応する多値レベルをその検出結果とする多値記録データ検出処理を行う。

【0037】次に、第2実施形態の光ディスク再生装置における上記テーブルを用いた多値データ検出処理についてさらに説明する。この多値データ検出処理では、A/D変換器6から連続する4個のデータ（x1, x2, x3, x4）を入力してx3のデータ検出を行う場合を説明する。このデータ検出処理では、次の数3のD1と数4のD2をそれぞれ最小にするijkの組合せを探す。D1とD2を比較して、D1 < D2である場合は、D1を最小にする組合せijkのkをx3の検出結果にする。D1 > D2である場合は、D2を最小にする組合せijkのjをx3の検出結果にする。D1 = D2である場合は、D1 < D2, D1 > D2のいずれの場合の検出結果を採用してもよい。また、更に次の入力データ（x5）も使用して、数5も判断に含めてもよい。

【0038】

$$\begin{aligned} \text{【数3】 } D1 = & |x_1 - a_{ijk}| + |x_2 - b_{ijk}| \\ & + |x_3 - c_{ijk}| \end{aligned}$$

【0039】

$$\begin{aligned} \text{【数4】 } D2 = & |x_2 - a_{ijk}| + |x_3 - b_{ijk}| \\ & + |x_4 - c_{ijk}| \end{aligned}$$

【0040】

$$\begin{aligned} \text{【数5】 } D3 = & |x_3 - a_{ijk}| + |x_4 - b_{ijk}| \\ & + |x_5 - c_{ijk}| \end{aligned}$$

【0041】すなわち、検出したいデータをx3とすると、そのx3を含む（x1, x2, x3）（x2, x3, x4）（x3, x4, x5）の3通りでテーブルとの距離が最小になる組合せを検出結果にする。こうして、検出対象のデータを含む複数通りの3個のデータをテーブルと比較してデータ検出を行う。なお、必ずしも3通りだけではなく、（x1, x2, x3）（x2, x3, x4）（x3, x4, x5）のうちの（x1, x2, x3）と（x2, x3, x4），（x2, x3, x4）と（x3, x4, x5），あるいは（x1, x2, x3）と（x3, x4, x5）の2通りを使用しても良い。

【0042】このようにして、この第2実施形態の光ディスク再生装置では、検出対象のデータを含む複数通りのテーブル比較に基づいて多値データ検出を行っているので、検出結果の信頼性を向上させることができる。

### 【0043】（3）第3実施形態

次に、第3実施形態を説明する。第3実施形態の多値データ検出部8は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータを所定数の前部と残りの数の後部とに分け、上記多値レベルの各組合せに対応させた上記後部のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有する。

【0044】また、上記A/D変換器6, PLL回路7及び多値データ検出部8が、既検出結果の多値データから抽出した多値レベルを上記前部の多値レベルとして設定し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから上記残りの数に相当する数のデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その組合せの多値レベルの内の上記残りの数に相当する数以下の多値レベルを上記後部の多値レベルとして設定し、上記設定された前部と後部の多値レベルからなる多値データを検出結果とする手段の機能を果たす。

【0045】したがって、この第3実施形態の光ディスク再生装置は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータを所定数の前部と残りの数の後部とに分け、上記多値レベルの各組合せに対応させた上記後部のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、既検出結果の多値データから抽出した多値レベルを上記前部の多値レベルとして設定し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから上記残りの数に相当する数のデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータと上記テーブル上の各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その組合せの多値レベルの内の上記残りの数に相当する数以下の多値レベルを上記後部の多値レベルとして設定し、上記設定された前部と後部の多値レベルからなる多値データを検出結果として出力する。

【0046】すなわち、多値データが記録された記録媒体からの再生信号を基準クロックに基づいてA/D変換し、A/D変換して得られたm（1以上の整数）個の連続するデータをテーブル上の所定値と比較して多値データを検出する際、上記テーブル上の所定値は連続するn（n>mである整数）個の多値レベルの全組合せ（多値のn乗通り）に対応するn個の内の後部のm個のデータの値であり、多値データを検出する時は、（n-m）個の前部の多値レベルの組合せはそれまでの多値記録データ検出結果を設定し、後部のm個の多値レベルの各組合

せに対する上記テーブル上のm個の値と再生信号をA/D変換して得られたm個の連続するデータとのそれぞれの差(m個)の絶対値又は二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せ(1通り:m個)においてm個以下の多値レベルを多値データの検出結果とする多値記録データ検出処理を行う。

【0047】次に、第3実施形態の光ディスク再生装置における上記テーブルを用いた多値データ検出処理についてさらに説明する。この多値データ検出処理では、連続する3個の入力データの内の前の2個はそれまでの多値データ検出結果から分かっている事を利用する。例えば、前の2個の多値データのレベルが“00”であった場合、例えばデータの所定周期毎に記録する同期信号(例：“3333300000”)の最後の2個を初期値とする等して設定することができる。この段階で、A/D変換器6から入力したデータ(x)のデータ検出を行う場合、入力データとテーブル値との距離として、次の数6のDを最小にするkをxの多値データ検出結果にする。その次のデータ検出では“0k”を前の2個の多値データのレベルとする。

#### 【0048】

$$[数6] D = |x - c_{00}k|$$

【0049】すなわち、同期信号“3333300000”を検出した後の次のデータxを検出するとき、xの前のデータは“00”であることが分かっているので、この値を利用して上記数6に基づく演算処理でデータ検出を行う。そのxの検出結果がkであれば、xの次のデータx2の検出時にはx2の前のデータが“0k”であることをを利用してデータ検出を行う。このように、連続するn個のデータの内の前半の(n-m)個の値は検出済みであるとし、後半のm個の値について上記テーブルとの距離の演算処理を行うようにしている。

【0050】このようにして、この第3実施形態の光ディスク再生装置では、それまでの多値データ検出結果を利用しているので、テーブルのデータ量と演算量が少なくなり、信頼性も向上する。

#### 【0051】(4) 第4実施形態

次に、第4実施形態を説明する。第4実施形態の多値データ検出部8は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有する。また、上記A/D変換器6、PLL回路7及び多値データ検出部8が、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する上記テーブル上の検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する多値記録データ検出処理を行う。

に対応する各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その組合せの多値レベルを上記検出対象のデジタルデータに対応する多値データの検出結果とする手段の機能を果たす。

【0052】したがって、この第4実施形態の光ディスク再生装置は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する上記テーブル上の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する上記テーブル上の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せを求め、その組合せの多値レベルを上記検出対象のデジタルデータに対応する多値データの検出結果として出力する。

【0053】すなわち、多値データが記録された記録媒体からの再生信号を基準クロックに基づいてA/D変換し、A/D変換して得られた2個以上の連続するデータをテーブル上の所定値と比較して多値データを検出する際、上記テーブル上の所定値は連続するn個の多値レベルの全組合せ(多値のn乗通り)に対応するn個のデータの値であり、多値データを検出する時は、再生信号をA/D変換して得られた検出対象の1個のデータを含むn通り以下のn個の連続するデータの内の検出対象のデータ以降のデータと検出対象のデータより前のデータの多値データ検出結果による多値レベルの組合せに対する上記テーブル上の検出対象のデータ以降のデータに対応する値とのそれぞれの差の絶対値又は二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せ(1通り:n個)において検出対象のデータに対応する多値レベルをその検出結果とする多値記録データ検出処理を行う。

【0054】次に、第4実施形態の光ディスク再生装置における上記テーブルを用いた多値データ検出処理についてさらに説明する。この多値データ検出処理では、上記第3の実施形態と同様に、それまでの2個の多値データのレベルが“00”であった場合を説明する。この段階で、A/D変換器6からデータ(x1, x2)を入力し、x1のデータ検出を行う場合、入力データとテーブル値との距離として、次の数7のD1と数8のD2を最小にするkとj kの組合せを探す。D1とD2を比較してD1 < D2である場合は、D1を最小にするkをx1の検出結果にする。D1 > D2である場合は、D2を最

小にする組合せ  $j \leq k$  の  $j$  を  $\times 1$  の検出結果にする。  $D_1 = D_2$  である場合は、 $D_1 < D_2$ ,  $D_1 > D_2$  のいずれの場合の検出結果を採用してもよい。また、更に次の入力データ ( $\times 3$ ) も使用して、次の数 9 も判断に含めてよい。

【0055】

**【数7】**  $D_1 = |x_1 - c_{00k}|$

[0056]

【数8】 $D_2 = |x_1 - b| \mathbf{j} \mathbf{k}| + |x_2 - c| \mathbf{j} \mathbf{k}|$

1

[0057]

**[数9]  $D_3 = |x_1 - a| i + |x_2 - b| j + |x_3 - c| k$**

【0058】すなわち、検出したいデータを  $x_1$  とし、その前のデータが “00” であることが分かっている場合、 $x_1$  を含む (0, 0,  $x_1$ ) (0,  $x_1$ ,  $x_2$ ) ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) の 3 通りでテーブルとの距離が最小になる組合せを検出結果にする。こうして、検出対象のデータを含む複数通りの 3 個のデータをテーブルと比較してデータ検出を行う。

【0059】なお、必ずしも3通りだけではなく、  
 $(0, 0, x_1)$   $(0, x_1, x_2)$   $(x_1, x_2, x_3)$  のうちの  $(0, 0, x_1)$  と  $(0, x_1, x_2)$  ,  $(0, x_1, x_2)$  と  $(x_1, x_2, x_3)$  , あるいは  $(0, 0, x_1)$  と  $(x_1, x_2, x_3)$  の2通りを使用しても良い。このようにして、この第4実施形態の光ディスク再生装置では、それまでの多値データ検出結果を利用し、更に検出対象のデータを含む複数通りのペア比較に基づいて多値データ検出を行っているので、検出結果の信頼性を向上させることができる。

【0060】(5) 第5実施形態

次に、第5実施形態を説明する。まず、図5に示すデータ内容のテーブルを作成して多値データ検出部8内に格納する。このテーブルは、A/D変換器6のビット数を一例として4ビットとし、連続する任意の3個のデータ( $x_1, x_2, x_3$ )に対する、図4に示したテーブル値との距離である次の数10のDを最小にする $i, j, k$ (多値レベル)との対応表である。

[0061]

**【数10】**  $D = |x_1 - a| + |x_2 - b| + |x_3 - c|$

【0062】第5実施形態の多値データ検出部8は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと任意に入力された複数個の連続するデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有する。

【0063】また、上記A/D変換器6、PLL回路7及び多値データ検出部8が、記録媒体に記録された多値

データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルの内の所定個数未満の多値レベルを多値データの検出結果とする手段の機能を果たす。

【0064】したがって、この第5実施形態の光ディスク再生装置は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと任意に入力された複数個の連続するデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた複数個の連続するデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルの内の所定個数未満の多値レベルを多値データの検出結果として出力する。

【0065】すなわち、多値データが記録された記録媒体からの再生信号を基準クロックに基づいてA/D変換し、A/D変換して得られたn(2以上の整数)個の連続するデータをテーブルで変換して多値データを検出する際、上記テーブルにはn個の連続する任意の入力データに対し、連続するn個の多値レベルの全組合せ(多値のn乗通り)に対応するn個のデータの値と上記入力データとのそれぞれの差(n個)の絶対値又は二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せ(1通り:n個)が出力データとして記憶されており、n個の連続するデータをテーブルに入力して、出力のn個の多値レベルの内のn個以下の多値レベルを検出結果とする多値記録データ検出処理を行う。

【0066】次に、第5実施形態の光ディスク再生装置における上記テーブルを用いた多値データ検出処理についてさらに説明する。この多値データ検出処理では、A/D変換器6から出力された連続する3個のデータをテーブルに入力して3個の多値データを出力する。その3個の多値データの内、中央の1個のみを採用してもよいし、3個とも採用してもよい。すなわち、上記第1実施形態における多値データ検出処理と同じ処理を行うが、ここでは事前に任意のデータに対して行った検出結果を記録したテーブルを作成して格納して、そのテーブルに3個( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ )のデータを入力し、3個(i, j, k)の検出結果を得るものである。このよう

に、テーブル変換で多値データ検出を行う。

【0067】なお、3個とも使用せずにjのみを使用するようにしても良い。この場合、i, kを使用しない理由は、i, kはx1の前のデータとx3の後のデータの影響を受けているために誤る恐れがあるからである。また、x3を検出する場合はテーブルに(x2, x3, x4)のデータを入力する。このようにして、この第5実施形態の光ディスク再生装置では、テーブル変換で多値データ検出を行うので、処理を高速化且つ簡素化することができます。

#### 【0068】(6) 第6実施形態

次に、第6実施形態を説明する。まず、図6に示すデータ内容のテーブルを作成して多値データ検出部8内に格納する。このテーブルは、図5に示したテーブルに対して、更に連続する任意の3個のデータと図4に示したテーブル値との距離の最小値を付加したものである。

【0069】第6実施形態の多値データ検出部8は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと、任意に入力された複数個の連続するデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれらの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有する。

【0070】また、上記A/D変換器6、PLL回路7及び多値データ検出部8が、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから多値データを検出する対象の1個のデジタルデータを含む複数個の連続するデジタルデータの組を複数通り抽出して入力し、その入力された各組毎にデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれらの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された複数の組合せの多値レベルの中から上記和が最小のものに対応する組合せの多値レベルを多値データの検出結果とする手段の機能を果たす。

【0071】したがって、この第6実施形態の光ディスク再生装置は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと、任意に入力された複数個の連続するデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれらの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから多値データを検出する対象の1個のデジタルデータを含む複数個の連続するデジタルデータの組を複数通り抽出して入力し、その入力された各組毎にデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せ

のデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれらの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された複数の組合せの多値レベルの中から上記和が最小のものに対応する組合せの多値レベルを多値データの検出結果として出力する。

【0072】すなわち、多値データが記録された記録媒体からの再生信号を基準クロックに基づいてA/D変換し、A/D変換して得られたn(2以上の整数)個の連続するデータをテーブルで変換して多値データを検出す際、上記テーブルにはn個の連続する任意の入力データに対し、連続するn個の多値レベルの全組合せ(多値のn乗通り)に対応するn個のデータの値と上記入力データとのそれぞれの差(n個)の絶対値又は二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せ(1通り:n個)とその最小値とが出力データとして記憶されており、検出対象の1個のデータを含むn通り以下のn個の連続するデータをテーブルに入力し、出力される最小値が最も小さくなる場合の検出対象データに対応する多値レベル出力を検出結果とする多値記録データ検出処理を行う。

【0073】次に、第6実施形態の光ディスク再生装置における上記テーブルを用いた多値データ検出処理についてさらに説明する。ここでは、上記テーブルを使用して、A/D変換器6から連続する4個のデータ(x1, x2, x3, x4)を入力しwx3のデータ検出を行う場合を説明する。まず、(x1, x2, x3)をテーブルに入力して多値レベル(s1, s2, s3)と距離の最小値r1を得る。次に、(x2, x3, x4)をテーブルに入力して多値レベル(t2, t3, t4)と距離の最小値r2を得る。

【0074】r1 < r2である場合は、s3をx3の検出結果とする。r1 > r2である場合は、t3をx3の検出結果とする。r1 = r2である場合は、r1 < r2, r1 > r2のいずれの場合の検出結果を採用してもよい。また、更に次の入力データ(x5)も使用して、(x3, x4, x5)をテーブルに入力し、多値レベル(u3, u4, u5)と距離の最小値r3を得てr3を判断に含めてよい。

【0075】すなわち、上記第1実施形態における多値データ検出処理と同じ処理を行うが、ここでは事前に任意のデータに対して行った検出結果とそのときの距離の最小値とを記録したテーブルを作成して格納して、検出したいデータをx3にした場合、そのx3を含む(x1, x2, x3)(x2, x3, x4)(x3, x4, x5)の3通りをテーブルに入力し、テーブル上の距離の最小値が最も小さい多値レベルを検出結果にする。こうして、検出対象のデータを含む複数通りの3個のデータをテーブルで変換してデータ検出を行う。

【0076】なお、必ずしも3通りだけではなく、(x1, x2, x3)(x2, x3, x4)(x3, x4, x5)の内の(x1, x2, x3)と(x2, x3, x

4), ( $x_2, x_3, x_4$ ) と ( $x_3, x_4, x_5$ ), ( $x_1, x_2, x_3$ ) と ( $x_3, x_4, x_5$ ) の 2 通りを使用しても良い。このようにして、この第 6 実施形態の光ディスク再生装置では、検出対象のデータを含む複数通りのテーブル変換に基づいて多値データ検出を行うので、検出結果の信頼性を向上させることができる。

#### 【0077】(7) 第 7 実施形態

次に、第 7 実施形態を説明する。まず、図 7 に示すデータ内容のテーブルを作成して多値データ検出部 8 内に格納する。このテーブルは、連続する任意の 3 個のデータ ( $x_1, x_2, x_3$ ) の内の  $x_1$  と  $x_2$  は、それまでの多値データ検出結果に基づいて “ $i, j$ ” として分かっているとして、任意の “ $i, j$ ” と  $x_3$  に対する図 4 に示したテーブル値との距離である次の数  $11$  の D を最小にする  $k$  (多値レベル) との対応表である。

#### 【0078】

$$【数 11】D = |x_3 - c_{ij}|$$

【0079】第 7 実施形態の多値データ検出部 8 は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータを所定数の前部と残りの数の後部とに分け、上記多値レベルの各組合せに対応させた上記後部のデジタルデータの組合せと、任意に入力されたデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有する。

【0080】また、上記 A/D 変換器 6, PLL 回路 7 及び多値データ検出部 8 が、既検出結果の多値データから抽出した多値レベルを上記前部の多値レベルとして設定し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから上記残りの数に相当する数のデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルの内の上記残りの数に相当する数以下の多値レベルを上記後部の多値レベルとして設定し、上記設定された前部と後部の多値レベルからなる多値データを検出結果とする手段の機能を果たす。

【0081】したがって、この第 7 実施形態の光ディスク再生装置は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータを所定数の前部と残りの数の後部とに分け、上記多値レベルの各組合せに対応させた上記後部のデジタルデータの組合せと、任意に入力されたデジタルデータと上記各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる上記テーブル上の多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、既検出結果の多値データか

ら抽出した多値レベルを上記前部の多値レベルとして設定し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られたデジタルデータから上記残りの数に相当する数のデジタルデータを入力し、その入力されたデジタルデータを上記テーブルに基づいて各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルの内の上記残りの数に相当する数以下の多値レベルを上記後部の多値レベルとして設定し、上記設定された前部と後部の多値レベルからなる多値データを検出結果として出力する。

【0082】すなわち、多値データが記録された記録媒体からの再生信号を基準クロックに基づいて A/D 変換し、A/D 変換して得られた  $m$  (1 以上の整数) 個の連続するデータをテーブルで変換して多値データを検出する際、上記テーブルには  $k$  (1 以上の整数) 個の任意の連続する多値レベルの組合せ入力と  $m$  個の任意の連続するデータ入力に対し、連続する  $n$  ( $= k + m$ ) 個の多値レベルの全組合せ (多値の  $n$  乗通り) に対応する  $n$  個の内の後部の  $m$  個のデータの値と上記  $m$  個の入力データの値とのそれぞれの差 ( $m$  個) の絶対値又は二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せ (1 通り :  $m$  個) が出力データとして記憶されており、それまでの  $k$  個の連続する多値記録データ検出結果と A/D 変換して得られた  $m$  個の連続するデータをテーブルに入力して、出力の  $m$  個の多値レベルの内の  $m$  個以下の多値レベルを検出結果とする多値記録データ検出処理を行う。

【0083】次に、第 7 実施形態の光ディスク再生装置における上記テーブルを用いた多値データ検出処理についてさらに説明する。この多値データ検出処理では、それまでの 2 個の多値データ検出結果と A/D 変換器 6 から出力された 1 個のデータをテーブルに入力し、それに対応する多値レベルに変換して出力する。すなわち、上記第 3 実施形態で示した多値データ検出処理をテーブル変換で実現しており、3 個のデータ (連続する  $n$  個のデータ) の内の前の 2 個 (前半の  $k$  個) は検出済みであることを利用して、3 番目のデータ (後半の  $m$  個のデータ) が任意の値である場合のテーブルとの距離を事前に演算し、そのテーブルを格納し、そのテーブルに対するデータ入力によって対応する多値データを出力する。

【0084】このようにして、この第 7 実施形態の光ディスク再生装置では、それまでの多値データ検出結果に基づいてテーブル変換で多値データ検出を行うので、処理の高速化と簡素化が実現でき、検出結果の信頼性を向上させることができる。

#### 【0085】(8) 第 8 実施形態

次に、第 8 実施形態を説明する。まず、図 8 に示すデータ内容のテーブルを作成して多値データ検出部 8 内に格

納する。このテーブルは、図7に示したテーブルに対して、更に任意の“ $i$ ”と $x_3$ に対する図4に示したテーブル値との距離の最小値を付加したものである。さらに、図9に示すデータ内容のテーブルを作成して多値データ検出部8内に格納する。このテーブルは、連続する任意の3個のデータ( $x_1, x_2, x_3$ )の内の $x_1$ は、それまでの多値データ検出結果に基づいて“ $i$ ”として分かっているとして、任意の“ $i$ ”と $x_2$ と $x_3$ に対する図4に示したテーブル値との距離である次の数12のDを最小にする $j k$ (多値レベル)と、その距離の最小値との対応表である。

【0086】

【数12】

$$D = |x_2 - b_{ijk}| + |x_3 - c_{ijk}|$$

【0087】第8実施形態の多値データ検出部8は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと任意に入力された検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する前記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有する。

【0088】また、上記A/D変換器6、PLL回路7及び多値データ検出部8が、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せを入力し、その入力された多値レベルの組合せを上記テーブルに基づいて上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータに変換し、上記入力されたデジタルデータと上記変換されたデータとを上記テーブルに基づいてそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルを上記検出対象のデジタルデータに対応する多値データの検出結果とする手段の機能を果たす。

【0089】したがって、この第8実施形態の光ディスク再生装置は、複数個の多値レベルの組合せに対応する複数個のデジタルデータの組合せと任意に入力された検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象

のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せに対する前記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータとのそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せとを記憶したテーブルを有し、記録媒体に記録された多値データの再生信号を基準クロックに基づいてアナログ信号からデジタル信号へ変換し、その変換によって得られた検出対象の1個のデジタルデータを含む所定数通り以下の複数個の連続するデジタルデータの内の上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータと、上記検出対象のデジタルデータよりも前のデジタルデータの検出結果に基づく多値レベルの組合せを入力し、その入力された多値レベルの組合せを上記テーブルに基づいて上記検出対象のデジタルデータ以降のデジタルデータに対応する各組合せのデジタルデータに変換し、上記入力されたデジタルデータと上記変換されたデータとを上記テーブルに基づいてそれぞれの差の絶対値の和又はそれぞれの差の二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せに変換し、その変換された組合せの多値レベルを上記検出対象のデジタルデータに対応する多値データの検出結果として出力する。

【0090】すなわち、多値データが記録された記録媒体からの再生信号を基準クロックに基づいてA/D変換し、A/D変換して得られたm(1以上の整数)個のデータをテーブルで変換して多値データを検出する際、上記テーブルにはk(0以上の整数)個の任意の連続する多値レベルの組合せ入力とm個の任意の連続するデータ入力に対し、連続するn (=k+m)個の多値レベルの全組合せ(多値のn乗通り)に対応するn個の内の後部のm個のデータの値と上記m個の入力データの値とのそれぞれの差(m個)の絶対値又は二乗の和が最も小さくなる多値レベルの組合せ(1通り:m個)と、その最小値とが出力データとして記憶されており、m=1, 2, ..., j(2≤j≤nである整数)、k=n-1, n-2, ..., n-jであるj個のテーブルを使用し、i(1≤i≤jである整数)番目のテーブルにそれまでの(n-i)個の連続する多値記録データ検出結果と1個の検出対象データ以降の連続するi個のA/D変換して得られたデータとをテーブルに入力して、j個のテーブル出力の最小値が最も小さくなる場合の検出対象データに対応する多値レベル出力を検出結果とする多値記録データ検出処理を行う。

【0091】次に、第8実施形態の光ディスク再生装置における上記テーブルを用いた多値データ検出処理についてさらに説明する。ここでは、図8と図9にそれぞれ示したテーブルを使用して、A/D変換器6から連続する4個のデータ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ )を入力して $x_3$ のデータを検出する場合を説明する。まず、 $x_1$ と $x_2$ の多値レベルは、それまでの多値データ検出結果に

基づいて、例えば“00”であると分かっているとする。そこで、“00”， $x_3$ を図8に示したテーブルに入力して多値レベル $s_3$ と距離の最小値 $r_1$ を得る。次に、“0”， $x_3$ ， $x_4$ を図9に示したテーブルに入力して多値レベル( $t_3$ ,  $t_4$ )と距離の最小値 $r_2$ を得る。

【0092】ここで、 $r_1 < r_2$ である場合は、 $s_3$ を $x_3$ の検出結果にする。また、 $r_1 > r_2$ である場合は、 $t_3$ を $x_3$ の検出結果にする。 $r_1 = r_2$ である場合は、 $r_1 < r_2$ ,  $r_1 > r_2$ のいずれの場合の検出結果を採用してもよい。また、更に次の入力データ( $x_5$ )も使用して、( $x_3$ ,  $x_4$ ,  $x_5$ )を図6に示したテーブルに入力し、多値レベル( $u_3$ ,  $u_4$ ,  $u_5$ )と距離の最小値 $r_3$ を得て $r_3$ を判断に含めててもよい。

【0093】すなわち、上記第3実施形態で示した多値データ検出処理をテーブル変換で実現しており、図6、図8、図9にそれぞれ示した各テーブルを使用した変換によってデータ検出を行う。ここで、検出したいデータを $x_1$ とし、その前のデータが“00”である事が分かっている場合に、 $x_1$ を含む(0, 0,  $x_1$ ) (0,  $x_1$ ,  $x_2$ ) ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ )の3通りをそれぞれ図8、図9、図6の各テーブルに入力して距離の最小値が最も小さい多値レベルを検出結果にする。

【0094】なお、必ずしも3個のテーブルを使用しなくとも、(0, 0,  $x_1$ ) (0,  $x_1$ ,  $x_2$ )を図8と図9にそれぞれ示した2個のテーブルに入力して距離の最小値が最も小さい多値レベルを検出結果にしてもよい。すなわち、最大で3個、最小で2個のテーブルを使用する。1個のテーブルを使用した多値データ検出処理の場合は、上記第6実施形態と同一になる。つまり、連続する $n$ 個のデータの内、前半の $k$ 個は検出済みであるとし、後半の $m$ 個についてテーブルを作成する。この場合、後半の $m$ が1から $n$ であり、前半の $k$ が $n-1$ から0である $n$ 種類のテーブルを作成できる。

【0095】最大3個のテーブルを使用する場合は( $k+m=n$ )である。しかし、 $n$ 種類未満(実施例では2個)のテーブルを使用してもよいので、 $m=1$ , 2, ...,  $j$ ,  $k=n-1$ ,  $n-2$ , ...,  $n-j$ である $j$ 個のテーブルだけでもよい。 $j=1$ であると1個のテーブルを使用する事になり、上記第6実施形態と同一になるので $2 \leq j$ としている。入力データの数とそれ

までの検出結果の数とに応じて、それぞれのテーブルに入力データとそれまでの検出結果を入力する。

【0096】このようにして、この第8実施形態の光ディスク再生装置では、それまでの多値データ検出結果を利用し、更に検出対象のデータを含む複数通りのテーブル変換に基づいて多値データ検出を行うので、検出結果の信頼性を向上させることができる。

【0097】

【発明の効果】以上説明してきたように、この発明の多値データ検出方法によれば、記録媒体上の多値データの分布が重なっていても多値データの検出エラーを少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1～第8実施形態の光ディスク再生装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示した光ディスク10に多値データが記録されている様子の概略を示す説明図である。

【図3】図1に示した光ディスク10に記録されたスポット径よりも小さなピットの再生信号値が前後のデータのピットの影響を受ける様子の説明図である。

【図4】この発明の請求項1及び2に係わる多値データ検出処理に用いるテーブルのフォーマット例を示す図である。

【図5】この発明の請求項6に係わる多値データ検出処理に用いるテーブルのフォーマット例を示す図である。

【図6】この発明の請求項7と9に係わる多値データ検出処理に用いるテーブルのフォーマット例を示す図である。

【図7】この発明の請求項8に係わる多値データ検出処理に用いるテーブルのフォーマット例を示す図である。

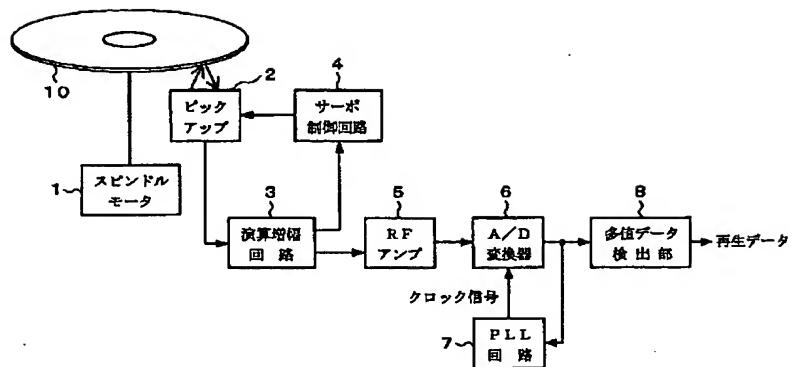
【図8】この発明の請求項9に係わる多値データ検出処理に用いるテーブルのフォーマット例を示す図である。

【図9】同じくこの発明の請求項9に係わる多値データ検出処理に用いるテーブルのフォーマット例を示す図である。

【符号の説明】

- |              |              |
|--------------|--------------|
| 1 : スピンドルモータ | 2 : 光ピックアップ  |
| 3 : 演算増幅回路   | 4 : サーボ制御回路  |
| 5 : RFアンプ    | 6 : A/D変換器   |
| 7 : PLL回路    | 8 : 多値データ検出部 |
| 10 : 光ディスク   |              |

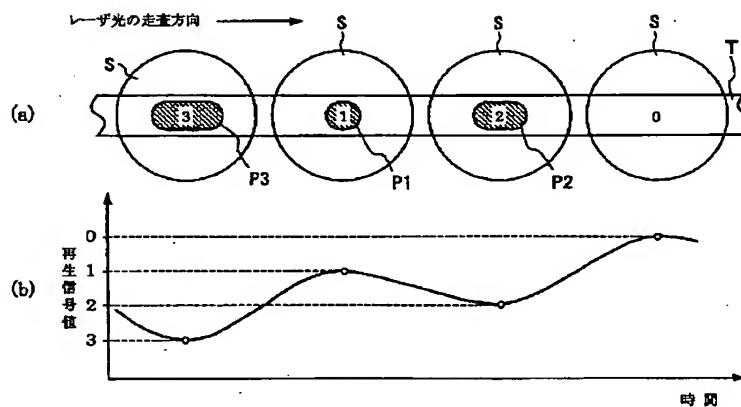
【図1】



【図4】

多値レベル	第1データ	第2データ	第3データ
0	a 000	b 000	c 000
0	a 001	b 001	c 001
0	a 002	b 002	c 002
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
3	a 333	b 333	c 333

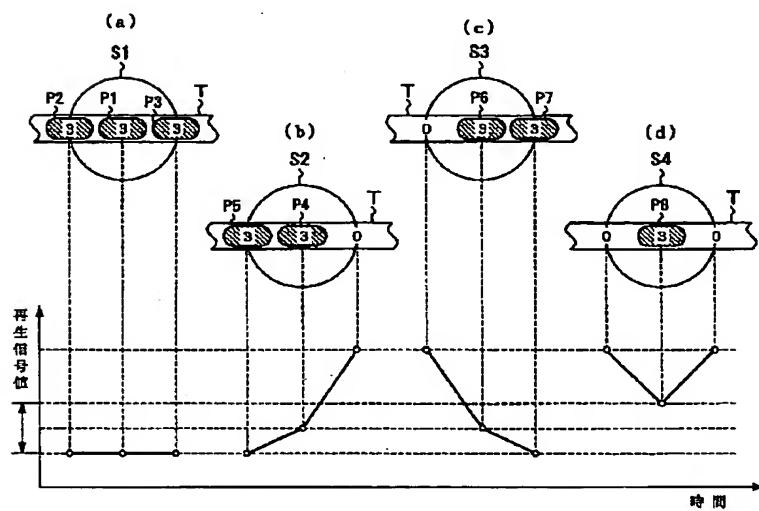
【図2】



【図5】

第1データ	第2データ	第3データ	多値レベル
0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 0 0
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	3 3 3 3

【図3】



【図7】

多値レベル	第3データ	多値レベル
0	0 0 0 0 0 0 0 1 ⋮ 1 1 1 1	0 0 ⋮ 3
0	0 0 0 0 0 0 0 1 ⋮ 1 1 1 1	0 0 ⋮ 3
⋮	⋮	⋮
3	0 0 0 0 0 0 0 0 ⋮ 1 1 1 1	0 0 ⋮ 3

【図6】

第1データ	第2データ	第3データ	多値レベル			距離の最小値
0000	0000	0000	0	0	0	m0
0000	0000	0001	0	0	0	m1
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
1111	1111	1111	3	3	3	m4095

【図8】

多値レベル	第3データ	多値レベル	距離の最小値
0	0000 0001 .	0 0 .	m0 m1 .
0	1	1111	3
3	3	0000 0001 .	0 0 .
3	3	1111	3

【図9】

多値レベル	第2データ	第3データ	多値レベル	距離の最小値
0	0000 0000 .	0000 0001 .	0 0 .	m0 m1 .
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	1111	1111	3 3	
1	0000 0000 .	0000 0001 .	0 0 .	0
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	1111	1111	3 3	
2	0000 0000 .	0000 0001 .	0 0 .	0
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	1111	1111	3 3	
3	0000 0000 .	0000 0001 .	0 0 .	0
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	1111	1111	3 3	m1023